

# Caracterización de la sostenibilidad socio-productiva y ambiental en áreas representativas de la cuenca del río Carcarañá, en el sur de la provincia de Santa Fe

*Julio Castellarín<sup>2</sup>, Julio Sánchez<sup>1</sup>, Luis Herrera<sup>1</sup>, Francisco Casiello<sup>1</sup>, María del Valle Venencio<sup>3</sup> y Juan Carlos Papa<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Pontificia Universidad Católica Argentina, Facultad de Química e Ingeniería "Fray Roger Bacon", Avenida Pellegrini 3314, Ciudad de Rosario (2000), Santa Fe, Argentina.

<sup>2</sup> INTA Oliveros, (Ruta 11 Km 353), Oliveros (2206), Santa Fe, Argentina.

<sup>3</sup> Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, Paraje El Pozo, Ciudad de Santa Fe (3000), Santa Fe, Argentina

Mail de contacto: [francisco\\_casiello@uca.edu.ar](mailto:francisco_casiello@uca.edu.ar)

---

## RESUMEN

El presente trabajo aborda la caracterización socio-ambiental de un tramo de la cuenca del Río Carcarañá que atraviesa el sur de la Provincia de Santa Fe, en Argentina. El sector de interés ha sido especialmente afectado por el desarrollo de la agricultura extensiva que, si bien ha sido un elemento determinante del crecimiento económico y de la expansión tanto de las áreas de uso agropecuario, como del medio urbano y recreacional hacia el rural, ha sido sometido a un uso extensivo que requiere analizar la vulnerabilidad ambiental de la cuenca por pérdida de bienes y servicios ecosistémicos, evaluar el soporte ambiental, el uso de los recursos y la sostenibilidad ambiental. Para lograr este objetivo se propone el empleo de un marco de evaluaciones tanto sociales como biofísicas y energéticas para bosquejar modelos empíricos y/o teóricos que permitan interpretar la dinámica de los diferentes contaminantes en la cuenca, así como las preocupaciones de la población con relación a estos temas. En este informe nos centramos en los aspectos metodológicos que se emplearán para abordar esta problemática compleja.

Palabras clave: Sostenibilidad, Cuenca Río Carcarañá, Metodología Multimodal.

---

## ABSTRACT

This paper addresses the socio-environmental characterization of a stretch Carcarañá River basin which crosses the southern Santa Fe Province, Argentina. The sector of interest has been particularly affected by the development of extensive agriculture that, while it has been a key determinant of economic growth and the expansion of both agricultural use areas and of urban and rural recreational towards rural areas, has been subjected to such an extensive use that requires analyzing the environmental vulnerability of the basin for loss of goods and ecosystem services, assessing the environmental support and the usage of resources and the analysis of environmental sustainability. To achieve this goal, we propose a social and biophysical assessment framework to outline empirical and theoretical models that would allow to interpret the dynamics of the different pollutants in the watershed, as well as the concerns of the population with respect to these issues. In this report we focus on the methodological aspects that will be used to address this complex problem.

Keywords: Sustainability, River Basin Carcarañá, Multimodal Methodology.

---

## Introducción

El desarrollo de la agricultura extensiva en el sur de la provincia de Santa Fe ha sido un elemento determinante del crecimiento económico y de la expansión tanto de las áreas de uso agropecuario, como del medio urbano y recreacional hacia el rural.

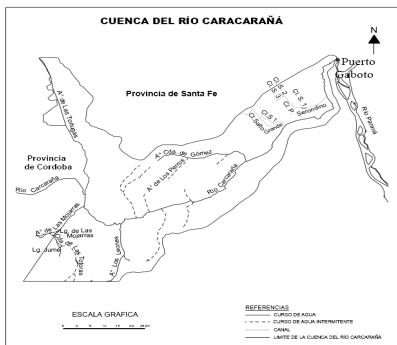
El área de interés en este estudio pertenece al tramo inferior de la denominada "Cuenca del río Carcarañá" (Figura 1), que atraviesa de

oeste a este la provincia de Santa Fe con una superficie aproximada de 4700 km<sup>2</sup>.

Esta porción de la cuenca se emplaza entre los 32° 26' y 33° 20' de Latitud Sur y los 62° 04' y 60° 36' de Longitud Oeste formando parte los departamentos Belgrano e Iriondo al norte del río Carcarañá y Caseros y San Lorenzo al sur del mismo, con una longitud de 140 km, con márgenes que oscilan entre 3 y 4 metros de altura y un ancho medio de 65 m, presentando un derrame medio anual de 2626 hm<sup>3</sup> entre

1981 y 2003 y un valor máximo de 5100 hm<sup>3</sup> en el año hidrológico 2001/2002 (Venencio, 2007).

El proceso de crecimiento indicado anteriormente en esta cuenca, fue acompañado por algunos problemas que fueron subestimados como: mayor producción de desechos urbanos resultantes de un consumo creciente; acumulación de materiales no degradables; residuos industriales, como fuentes probables de contaminación del aire, del agua superficial y subterránea y de los suelos. Algunos autores (Viglizzo, et al 2010) señalan esto como “frentes estructurantes de avance” lo cual significa que toda expansión de la agricultura tiende a transformar la dinámica económica, social y ambiental de las regiones intervenidas.



**Figura 1.** Cuenca del Río Carcarañá, Santa Fe.

La región objeto del estudio es una de las más afectadas en este sentido, con áreas de vulnerabilidad para el ordenamiento territorial sostenible (Monti et al 2010). El modelo productivo agrícola extensivo se caracteriza por el predominio de los cultivos sin labranza, con una superficie en siembra directa de 19 millones de hectáreas, por las escasas rotaciones con una marcada tendencia al monocultivo de soja con 16,6 millones de hectáreas de soja tolerante a glifosato y una relación soja de primera - maíz de alrededor de 8/1 en 2007/2008 y por la elevada dependencia de unos pocos herbicidas, prácticamente como opción exclusiva para manejar malezas, con un indiscutible predominio del glifosato. En nuestro país durante la campaña 2009/2010 se utilizaron aproximadamente 257 millones de litros de glifosato (Papa, 2009) de los cuales aproximadamente el 52% se aplicó durante el período de barbecho y un 42% en el cultivo de soja. Es el más utilizado dentro del área que se estudiará en el presente proyecto, alcanzando valores mayores a 5 litros por hectárea y por

año. Si bien el glifosato como tal no es volátil y tiene escasa movilidad, sus metabolitos probablemente más tóxicos y móviles podrían contaminar el suelo, las aguas subterráneas y superficiales y el riesgo se incrementa por la utilización intensiva que de él se realiza (Cerdeira, et al 2006). A este habría que agregarle otros principios activos, algunos de gran persistencia. Sin embargo la presión de selección ejercida sobre la flora de malezas del agroecosistema no está determinada sólo por la cantidad de glifosato utilizado sino también por la modalidad con que se lo emplea y por la escasa o nula rotación con otros principios activos como resultado de lo cual se están verificando casos de tolerancia y de resistencia.

La tolerancia a un herbicida se la puede definir como la capacidad natural y heredable de la totalidad de los individuos de una especie para sobrevivir y reproducirse luego de la aplicación del herbicida debido a características morfológicas y fisiológicas propias de la especie, por lo tanto las especies que son tolerantes nunca antes fueron susceptibles; mientras que la resistencia a un herbicida se la define como la capacidad heredable de una población o biotipo para sobrevivir y reproducirse después de la aplicación de una dosis de herbicida que era letal para la población original.

El modelo AgroEcolIndex, por ejemplo, mostró un coeficiente de correlación (lineal y positivo) de 0,65 y 0,85 entre el porcentaje de área cultivada y el riesgo relativo de contaminación por plaguicidas para los periodos 1956 – 60 y 2001 – 05 respectivamente. Si bien en este último periodo analizado se utilizaron fitosanitarios menos agresivos con el ambiente, el incremento observado en el riesgo de contaminación se explica a través de un aumento significativo del área cultivada con soja (Vigilizo, et al 2010). A los problemas urbanos se sumaron otros como la erosión y degradación de los suelos, la sedimentación de ríos y cuerpos de agua (Menéndez et al 2002), la destrucción del hábitat natural y la pérdida de vida silvestre (Salvador et al 2010).

Este estudio emplea el término “sostenibilidad” para remarcar el hecho de que, para lograr y asegurar la continuidad de un bienestar, son importantes no sólo establecimiento de las condiciones físicas, químicas y biológicas que permitan operar a los ecosistemas regionales dentro de su zona de resiliencia, sino también el esfuerzo comunitario y el compromiso de las instituciones que tienen injerencia en la región de interés. Al escenario indicado anteriormente se agrega una falta de

trabajos de investigación que caractericen la situación socio-productiva-ambiental de una manera integrada en la zona mencionada, vacío que este trabajo pretende comenzar a llenar. Para ello se plantean los siguientes objetivos:

### **Objetivo General**

Analizar la vulnerabilidad ambiental de la cuenca por pérdida de bienes y servicios ecosistémicos, empleando un marco de evaluaciones biofísicas y energéticas.

### **Objetivos Específicos**

Identificar las áreas de mayor vulnerabilidad para el ordenamiento sostenible del territorio.

Estimar la vulnerabilidad intrínseca dada por los factores del medio y por la carga de contaminantes como nitrógeno y fósforo (nutrientes) y fitosanitarios, provenientes de cargas difusas y puntuales.

Evaluar la variabilidad temporal de las cargas de nutrientes y de fitosanitarios.

Analizar nutrientes, en general, nitrógeno, fósforo en estaciones de monitoreo de aguas superficiales y subterráneas, así como en el suelo.

Cotejar los valores en aguas con la legislación vigente a nivel nacional e internacional.

Evaluar los límites de eutrofización.

Analizar la presencia de fitosanitarios y sus metabolitos en aguas superficiales y subterráneas, comenzando por los más empleados en los sistemas de producción.

Recoger las experiencias, las inquietudes, las prácticas de uso y la percepción que tienen los actores (productores, familia rural, jóvenes, asociaciones de mujeres de productores, etc.), así como instituciones tales como cooperativas agropecuarias y otras, sobre el impacto del uso de agroquímicos a corto, mediano y largo plazo.

### **Métodos**

A los efectos de identificar las áreas de mayor vulnerabilidad para el ordenamiento sostenible del territorio, se subdividirá la región de interés en áreas homogéneas (AH) y unidades de paisaje (UP) y se evaluará la vulnerabilidad mediante el uso de indicadores como el AgroEcolIndex (Monti et al 2010).

A los efectos de analizar la sostenibilidad socio-ambiental se realizarán entrevistas a los actores involucrados en las áreas identificadas como de mayor vulnerabilidad y se empleará la metodología multimodal (Casiello et al., 2011) para realizar un análisis hermenéutico de los relatos obtenidos, identificando las relaciones

entre los aspectos éticos, estéticos, jurídico-políticos, económicos, sociales y psicológicos -a las que se le agregarán las determinaciones de aspectos biológicos y físico-químicos conseguidos por métodos tradicionales- de modo de obtener un panorama de las relaciones entre los aspectos que atentan a la sostenibilidad de la región.

Para analizar nutrientes, fitosanitarios y sus metabolitos y eutrofización, se tomarán muestras en estaciones de monitoreo de aguas superficiales y subterráneas, así como en el suelo.

Se modelará, mediante el paquete de software WASP6 (USEPA) o similar, el flujo de nutrientes y contaminantes en el Río Carcarañá y sus tributarios principales. Dentro de ellos se determinarán cuáles son los de mayor contribución de contaminación. De la misma manera se modelará el comportamiento del flujo subterráneo a través del Software Visual Modflow y MT3D o similar, para visualizar los efectos posibles de los contaminantes en el medio subterráneo

Visual Modflow (V.M.) es una de las más completas herramientas de modelación de flujo subterráneo en dos y tres dimensiones. Es esencialmente un modelo numérico de flujo y transporte que calcula las áreas de contribución a las captaciones mediante modelos computacionales que utilizan una combinación de ecuaciones complejas de la hidráulica subterránea. El modelo V.M. representa el medio físico mediante series de ecuaciones diferenciales en derivadas parciales que se obtienen de los procesos reales de hidráulica subterránea a través de (p.ej. Ecuación de Continuidad, Ley de Darcy, etc.). Si por otro lado agregamos las condiciones iniciales de nuestro Sistema (estado al  $t=0$ ), la geometría del medio, es decir la topografía del área considerada y las propiedades físicas del mismo como ser: permeabilidad, transmisividad, almacenamiento y finalmente fijamos las condiciones de contorno, o sea, hasta donde consideramos que se extiende nuestro Sistema y donde dejan de tener influencia los procesos en el considerados, y le introducimos las variables de entrada al Sistema como ser la infiltración o recarga, obtenemos un complejo de ecuaciones diferenciales a resolver.

Lo más interesante es que una vez calibrado el modelo, es decir, asegurada su confiabilidad, mediante la contrastación de los datos obtenidos en el terreno, permite simular procesos y obtener información a tiempo futuro de lo que ocurrirá en el medio, prediciendo los hechos. Con el programa MODPATH (accesorio

del Visual Modflow) se pueden observar las trayectorias de los filetes acuíferos que inciden sobre un determinado punto, delimitando así áreas de captura del flujo subterráneo, lo que es una aproximación a los Perímetros de Protección de las captaciones de agua subterránea. En los E.E.U.U. es aplicado y actualizado por el Geological Survey (GS) además por la Environmental Protection Agency (EPA), la principal agencia medioambiental a nivel mundial

Se realizará una búsqueda bibliográfica de la legislación vigente a nivel nacional e internacional para cotejar los valores que se emplean en cada caso. Se empleará la metodología multimodal (Casiello et al 2011), para sistematizar y analizar los relatos de experiencias, inquietudes, prácticas de uso y la percepción que tienen los actores (productores, familia rural, jóvenes, asociaciones de mujeres de productores, etc.), así como instituciones tales como cooperativas agropecuarias y otras, sobre el impacto del uso de agroquímicos a corto, mediano y largo plazo.

Se utilizará un Sistema de Información Geográfica (SIG) y el análisis de imágenes satelitales para la georeferenciación de los atributos naturales y no naturales. También a la aplicación de técnicas de análisis de datos georeferenciados (Navone et al 2003), que permitirán una caracterización más precisa de la Sostenibilidad – Productivo – Ambiental de la Cuenca del Río Carcarañá. Específicamente, en Santa Fe, para el uso de la tecnología SIG, se cuenta con la asistencia y asesoramiento de la Infraestructura de Datos Espaciales de Santa Fe (IDESF).

IDESF, cuenta con un servidor de datos geográficos con: límite provincial, de departamentos, de distritos y de localidades, rutas, ferrocarriles, manzanas y ejes de la planta urbana de ciudades, comúnmente conocidos como software SIG. Cada capa se acompaña con datos descriptivos que refieren al origen, tipo, formato y otras características técnicas.

## Conclusiones

Si bien este trabajo está todavía en su etapa inicial, a través de la metodología multimodal hemos podido nuclear a un equipo interdisciplinario en torno a la caracterización socio-ambiental de un tramo de la cuenca del Río Carcarañá y hemos podido abordar esta problemática compleja.

## Agradecimientos

Los autores quieren expresar su agradecimiento a la Pontificia Universidad

Católica Argentina (UCA) y al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), por establecer un convenio marco para poder desarrollar este proyecto de fuerte carácter interdisciplinario.

## Referencias

- Casiello, F., Villarruel, J. M. (2011). The Acceptance and Progress in Argentina of Multi-Modal Systems Thinking for Community Development, *Systemic Practice and Action Research*. Springer Verlag, Volume 24, Number 6. pp. 523-531.
- Cordeira, A.L. & Duke, S.O (2006) The current status and environmental impact of glyphosate-resistant crops: a review. *Journal of Environmental Quality*. Vol 35. pp. 1633 – 1658.
- Menéndez, A. N., Jaime, P., Natale, O. (2002), Balance de nutrientes del Río de la Plata usando modelización matemática. *Actas del XX Congreso Latinoamericano de Hidráulica*, La Habana.
- Monti, M., Montico, S. (2010) Identificación de vulnerabilidad para el ordenamiento sustentable del uso del paisaje en la cuenca La Salada, Santa Fe, Argentina. *Actas del I Congreso Internacional de Hidrología de Llanuras*, Azul, Buenos Aires. pp. 53-61.
- Navone, S. M., Movia, C. P., Marienko, N., Maggi, A. E., Raed, M. A., López, M. V. (2003). Sensores Remotos aplicados al estudio de los Recursos Naturales, *Ed. Facultad de Agronomía*, UBA.
- Papa, J. C. (2009) Problemas actuales de malezas en la región sojera núcleo. *Revista Agromercado*. Cuadernillo Temático N° 29. pp. 2-8.
- Salvador, V. (2010) Impacto sobre el Hábitat. *Expansión de la Frontera Agropecuaria en Argentina y su Impacto Ecológico-Ambiental* Viglizzo, E., Jobbágy (Editores) Ed. INTA, Buenos Aires. pp. 43-46.
- Venencio, Ma. Del Valle (2007) La Recarga Natural al Acuífero Libre y su Vinculación con la Variabilidad Climática Regional. *Tesis Doctoral*, Facultad de Ciencias Exactas, Física y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba. pp. 28.
- Viglizzo, P., Carreño, E., Frank, F. (2010) La relación soja-ecología- ambiente. Entre el mito y la realidad. *Expansión de la Frontera Agropecuaria en Argentina y su Impacto Ecológico-Ambiental* Viglizzo, E., Jobbágy (Editores) Ed. INTA, Buenos Aires. pp. 53-61.